

Jani Murto

# Tölkipuristimen suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

13.1.2014

Tekijä Otsikko	Jani Murto Tölkkipuristimen suunnittelu
Sivumäärä Aika	28 sivua 13.1.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaaja	Markku Saarnio, Lehtori Asko Murto, Tampereen Cad engineering Oy
<p>Tämän opinnäytetyö tehtiin Tampereen Cad Engineering Oy:lle. Tarkoituksena on suunnitella tölkkien puristamisen mahdollistava mekaaninen laite. Laitteesta on aikaisemmin suunniteltu ensimmäinen käytössä oleva malli, joka toimi tämän työn ideoimisessa.</p> <p>Työ aloitettiin tarkastelemalla jo suunniteltua laitetta ja ideoimalla siihen muutoksia. Työn teoriaosassa tarkastellaan suunnitteluun vaikuttavaa teoriaa ja erilaisten koneen elimien ominaisuuksia.</p> <p>Työn suunnittelu aloitettiin tekemällä 3D-malli laitteen rungosta ja sen päälle suunniteltiin tarvittavat komponentit. Komponenttien valinnassa käytettiin eri toimittajien standardisoituja koneenosia.</p> <p>Työssä läpikäytävät suunnitelmat ovat teoreettisia, koska kyseinen laite on prototyyppi. Näin ollen työssä esitetyt ratkaisut ovat vain yksi tapa toteuttaa laitteen toiminta. Työssä pyrittiin kuitenkin valitsemaan sopivimmat ratkaisut toteuttamaan laitteen toiminta.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi malli, joka suunniteltiin Catia V5 CAD – suunnitteluohjelmistolla.</p>	
Avainsanat	Tölkkipuristin, Suunnittelu, Mekaniikka

Author Title	Jani Murto Can Press Design
Number of Pages Date	28 pages 13 January 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Mechanical Engineering
Specialisation option	Production Technology
Instructor(s)	Markku Saarnio, Lecturer Asko Murto, Tampereen Cad engineering Oy
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by the company Cad engineering Oy. The objective of this Bachelor's thesis was to design a mechanical machine, which can be used for pressing cans. There exists a previous model of this machine, which was the starting point for this work.</p> <p>This Bachelor's thesis was started by examining the first model and developing new design solutions for it. In this thesis the design theory and the features of various machine elements are also discussed.</p> <p>The designing was started by making a 3D model of the machine frame. The Selection of components was made on the basis of different suppliers standardized machine elements.</p> <p>All plans are, however, theoretical because this can press is a prototype model and the suggested solutions are only one way to solve this problem. Nevertheless, the Bachelor's thesis aims to select the best appropriate solutions to carry out the functions of the can press.</p> <p>As a result of this final thesis, there was created a model which was designed by using Catia V5 CAD- design software.</p>	
Keywords	Can Press, Design, Mechanics

# Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työn tausta	1
2.1	Tölkki	1
2.2	Laitteen rakenne	2
2.2.1	Syöttölaite	2
2.2.2	Kuljetinhihnasto	3
2.2.3	Puristaja	3
3	Työn teoria	4
3.1	Laakerit	4
3.1.1	Vierintälaakerit	5
3.1.2	Liukulaakerit	7
3.1.3	Laakeroinnin tiivistys	9
3.1.4	Laakereiden voitelu	10
3.2	Akselit	11
3.2.1	Akselityypit	11
3.2.2	Akselien mitoittaminen	12
3.2.3	Materiaalin valinta	12
3.2.4	Muotoilu ja pinnan käsittely	12
3.3	Voimanlähteet	13
3.3.1	Oikosulkumoottori	13
3.3.2	Tasavirtamoottori	13
3.3.3	Synkronimoottori	13
3.4	Voimansiirtolaitteet	14
3.4.1	Kierukkavaihteet	14
3.4.2	Hammasvaihteet	14
3.5	Ketjuvälitykset	14
3.5.1	Ominaisuudet	15
3.5.2	Ketjut	15
3.5.3	Kiristinpyörä	16
3.5.4	Välityksen toiminta	17
3.6	Materiaalit	18
3.6.1	Teräkset	18
3.6.2	Alumiinit	19
3.6.3	Materiaalin valinta	19

4	Suunnittelu	20
4.1	Suunnittelun lähtökohdat	20
4.2	Runko	20
4.3	Välitystapa	21
4.3.1	Ketju	21
4.3.2	Ketjupyörät	21
4.3.3	Ketjun mitoittaminen	22
4.3.4	Liitoslenkki	22
4.3.5	Ketjun kiristäminen	23
4.4	Puristusmekanismi	24
4.4.1	Puristin	24
4.4.2	Puristimen rakenne	24
4.4.3	Leikkuri	25
4.4.4	Tuki	26
4.5	Voimansiirto	26
5	Yhteenveto ja pohdinta	27
6	Lähteet	28

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on suunnitella mekaaninen laite, jonka tarkoituksena on hallittu ja toistettava tölkkien puristaminen. Työssä käydään läpi suunnittelun perusperiaatteet sekä materiaalit. Suunnitelmat ovat teoreettisia, koska kyseinen laite on prototyyppi, joten sitä ei ole käytännössä päästy koekäyttämään.

Laitteesta on valmistettu jo käytössä oleva versio, ja sitä käytetään tämän työn ideoimiseen. Uudesta laitteesta halutaan tehdä rakenteeltaan yksinkertaisempi ja edullisempi valmistaa.

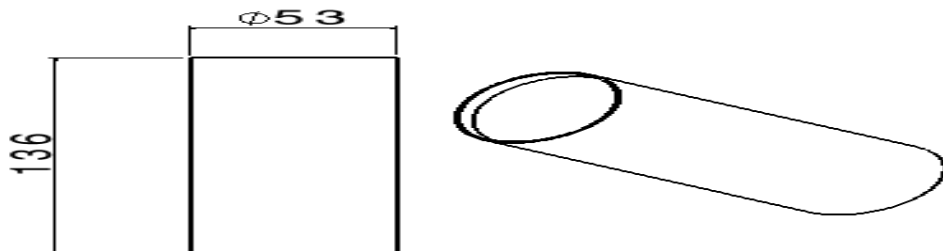
Insinööriyön toimeksiantaja, Tampereen Cad Engineering Oy on vaativaan laskentaan ja tuotekehitykseen erikoistunut pk-yritys.

## 2 Työn tausta

Tässä osuudessa tarkastellaan työhön vaikuttavia elementtejä sekä taustoitetaan työtä.

### 2.1 Tölkki

Tölkki (kuva 1) toimii työn pääkomponenttina, jonka ympärille kaikki suunnittelu rakentuu. Tölkki on valmistettu lujatekoisesta pahvista ja siihen on pakattu nestettä. Alun perin tölkkiin pakataan erilaisia elintarvikke nestettä, jotka poistetaan koekäytön jälkeen tölkestä. Tölkkiä ei saada aivan tyhjäksi, jolloin sinne jää aina hiukan nestettä.

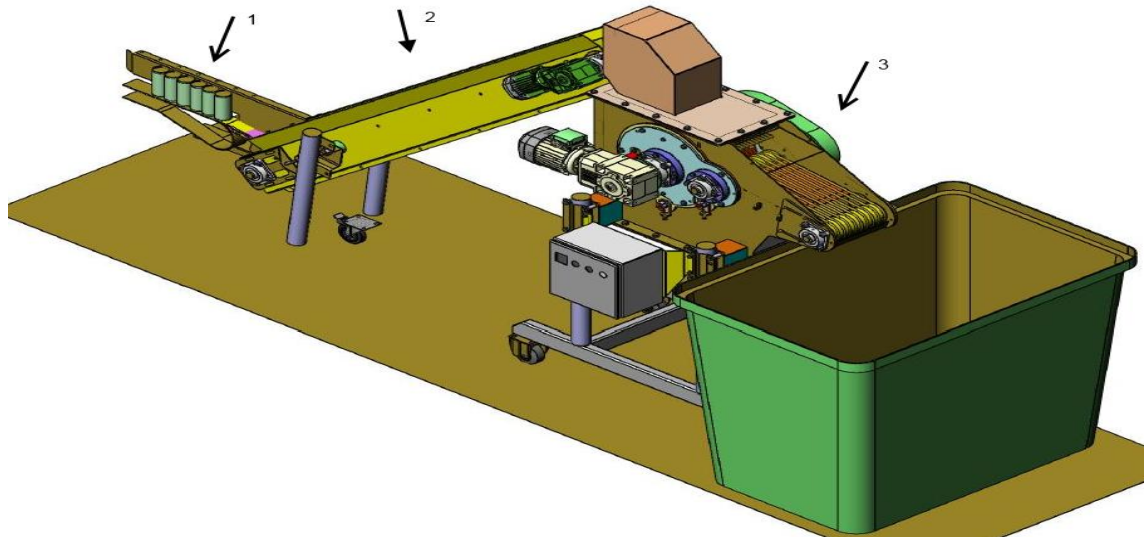


Kuva 1. Tölkki

## 2.2 Laitteen rakenne

Cad Engineering Oy on suunnitellut toimeksiantona laitteesta ensimmäisen mallin (kuva 2) ja se on otettu käyttöön tilausyrityksessä. Laitteen rakenne voidaan jakaa kolmeen osaan:

1. Syöttölaite
2. Kuljetinhihnasto
3. Puristin

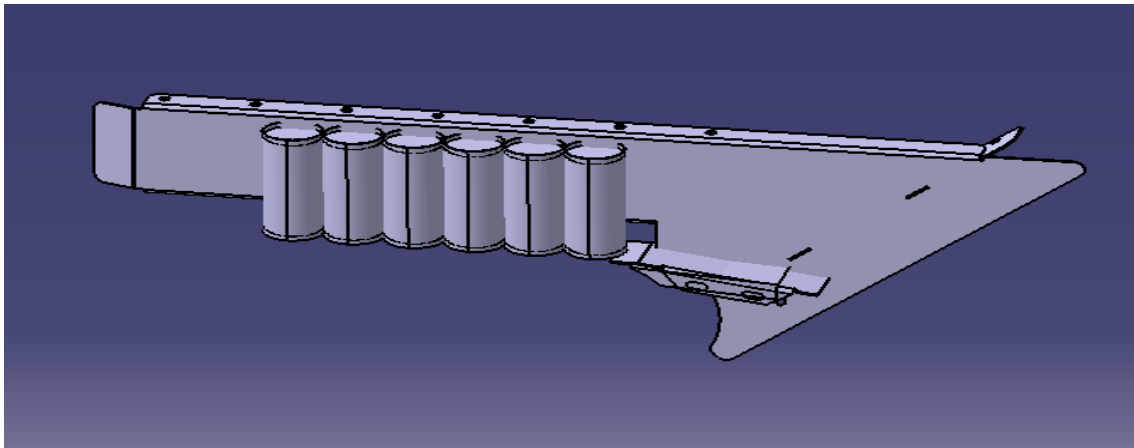


Kuva 2. Laitteen rakenne

### 2.2.1 Syöttölaite

Syöttölaiteeseen (kuva 3) tölkit asetetaan kuuden kappaleen eriin, joista tölkit siirtyvät kuljetinhihnastolle. Syöttölaitteen tarkoitus on annostella tölkit sopivissa rytmeissä laitteen käsiteltäviksi.

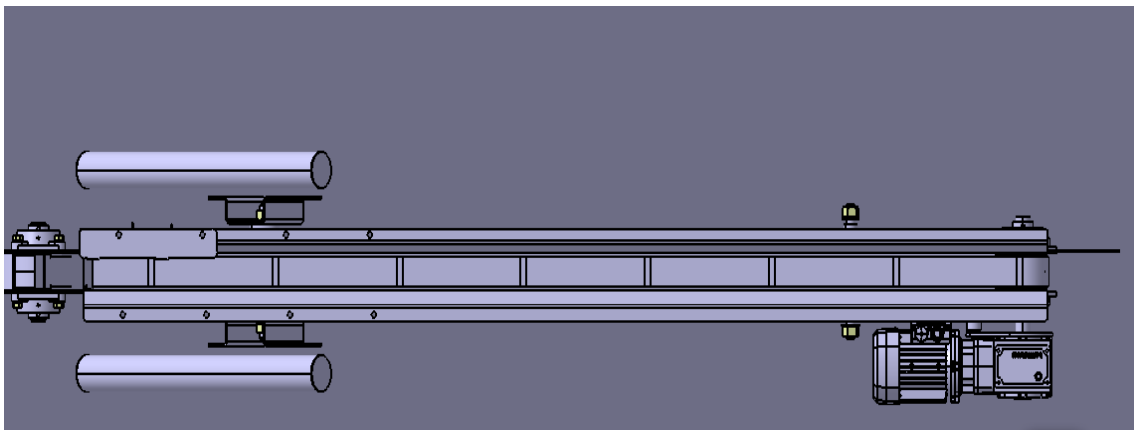
Syöttölaite on valmistettu ohutlevystä, ja se on kiinteästi kiinni kuljetinhihnaston rungossa.



Kuva 3. Syöttölaite

### 2.2.2 Kuljetinhihnasto

Syöttölaitteelta tölkit annostellaan kuljetinhihnastolle (kuva 4), joka siirtää ne puristamista varten puristusvaiheeseen. Kierukkavaihdemottori pyörittää hihnastoa, jonka avulla tölkit liikkuvat. Runkoon on kiinnitetty tuet, jotka pitävät sitä pystyssä. Kuljetinhihnaston runko on valmistettu ohutlevystä ja sen työstäminen on tehty laserleikkausta hyväksi käyttäen.

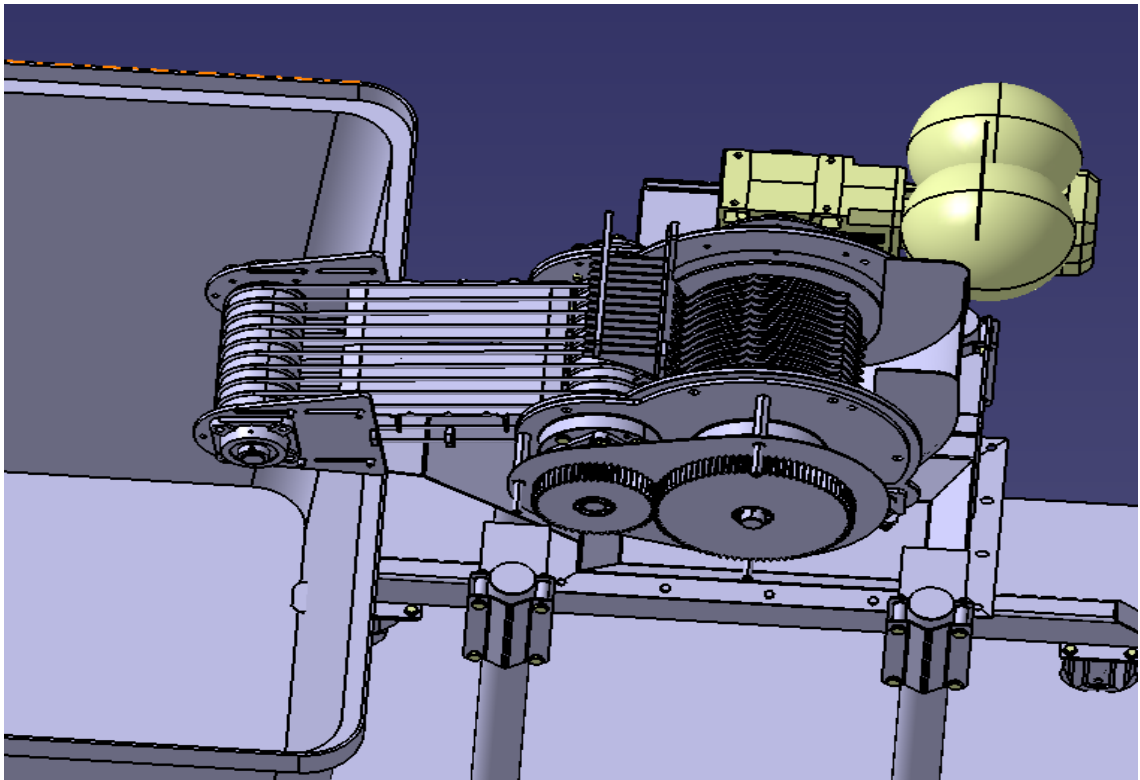


Kuva 4. Kuljetinhihnasto ylhäältä päin kuvattuna

### 2.2.3 Puristaja

Hihnalinjastolta tölkit siirtyvät puristimeen (kuva 5), joka rikkoo tölkit. Tölkkien sisältämä neste valuu puristuksen jälkeen säiliöön, josta se kerätään pois.





Kuva 5. Puristin ilman kätteita

### 3 Työn teoria

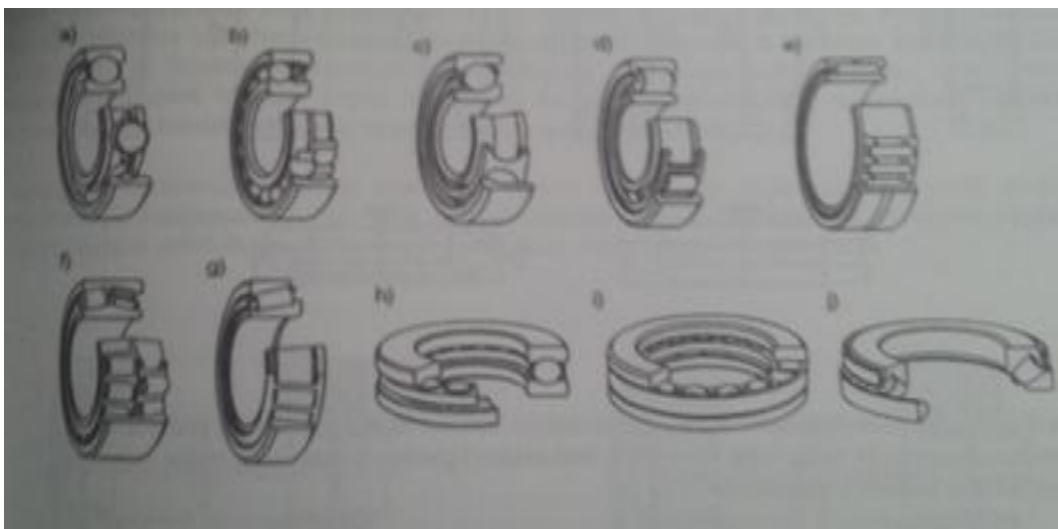
Tässä osuudessa tarkastellaan suunnitteluun vaikuttavia koneenosia ja niiden valitsemista.

#### 3.1 Laakerit

Laakereiden tarkoitus on tukea ja ohjata pyöriviä tai edestakaisin kiertyviä koneenosia. Laakerit voidaan jakaa kuormitustapauksen mukaan joko säteis- tai aksiaalilaakereihin. Säteislaakereihin tukivoima vaikuttaa kohtisuoraan akselia vastaan, ja jos laakeriin kohdistuu aksiaalisia voimia, tarkoitetaan aksiaalilaakeria. Rakenteensa mukaan laakerit voidaan jakaa liuku- ja vierintälaakereihin. (1, s. 417.)

### 3.1.1 Vierintälaakerit

Vierintälaakerit (kuva 6) ovat standardoituja ja asennusvalmiita kokeenosia. Ulko- ja sisärenkaan välissä olevien vierintäelinten (kuulat, rullat, neulat,) jako pidetään tasaisena erityisellä pitimellä. (1, s. 447.)



Kuva 6. Vierintälaakereiden rakennemuotoja. a) urakuula -, b) pallomainen kuula -, c) viistokuula -, d) lieriörulla -, e) neula -, f) pallomainen rulla -, g) kartiorulla -, h) painerulla -, i) painelieriörulla - ja j) pallomainen painerullalaakeri. (1, s. 447.)

#### Vierintälaakereiden valinta

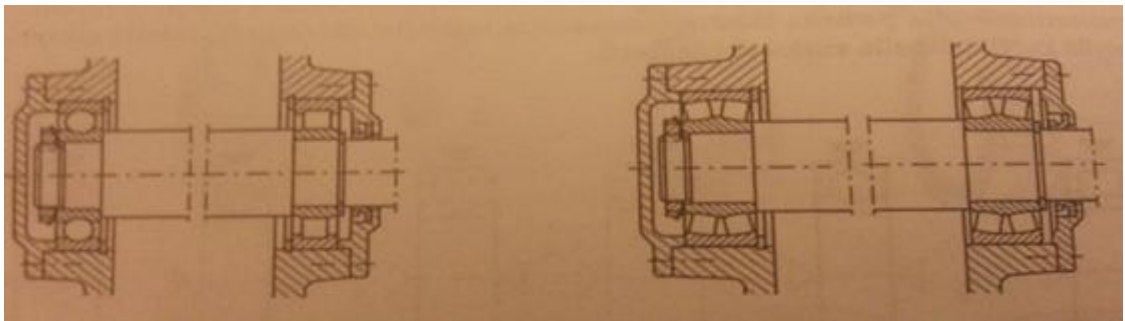
Olennaisesti laakerin valintaan vaikuttaa kuormitustyyppi. Tyypillisesti rullalaakereita voidaan kuormittaa huomattavasti enemmän kuin kuulalaakereita. Lieriölaakereita, joissa on laipaton sisä- ja ulkorengas, voidaan rasittaa vain säteen suunnassa. Vain aksaali kuormitusta kestävät yleisimmän painelaakerit. Yhtäaikainen radiaali- ja aksiaali kuorma eli yhdistetty kuormitus sopii erityisesti viistokuula- ja kartiolaakereille. Kuormituksen ollessa pääasiassa aksiaalisuuntaista on hyvä käyttää pallomaista painerulla-laakeria. Aksiaalirasitukselle sopivat myös urakuulalaakerit sekä pallomaiset rulla- ja kuulalaakerit. (1, s. 448.)

Sallittu käyttölämpötila rajoittaa pyörimisnopeutta, jolloin edullisimpia laakereita ovat pienen kitkan aiheuttavat laakerit. Urakuulalaakerit ja lieriölaakerit ovat säteiskuormituksella parhaita ja yhdistetyllä kuormituksella yksi- tai kaksiriviset viistokuulalaakerit. Urakuulalaakereita käytetään akselin halkaisijan ollessa pieni ja isoilla akselihalkaisijoil-

la käytetyimpiä ovat pallomaiset rullalaakerit tai lieriörullalaakerit. Pyörintätarkkuus, jäykkyys ja äänetön käynti ovat muita laakerin valintaperusteita. (1, s. 449.)

Laakeroinnin asennuksen kannalta sopivampia laakereita ovat lieriö- ja kartiolaakerit sekä neulalaakerit. Näiden laakerien osat voidaan erottaa toisistaan, toisin kuin itsestään pysyvissä laakereissa (urakuulalaakerit, pallomaiset kuula- ja rullalaakerit). (2, s. 122.)

Yleensä laakerointi toteutetaan siten, että toinen laakeri on ohjaava laakeri, joka pitää akselin paikoillaan aksiaalisuunnassa ja ottaa vastaan aksiaalivoiman (kuva 7). Toinen laakeri sallii aksiaaliliikkeen. (2, s. 122.)



Kuva 7. Laakeroinnin toteuttamistapa. Vasemmalta oikealle: Ohjaava laakeri, Vapaa laakeri. (1, s. 449.)

Kartiomaisella kiinnitysholkilla, kiinnitysmutterilla, varmistusrenkaalla tai olakkeella voidaan toteuttaa laakerirenkaiden kiinnitys. Lieriörullalaakeria voidaan käyttää vapaana laakerina, sillä se sallii pienen aksiaalsiirtymän. Jos vapaana laakerina käytetään itsestään koossa pysyviä laakereita, laakerin toisen renkaan sovitteen pitää olla väljä. (2, s. 122.)

Vierintälaakerien kestoikä

Vierintälaakereiden nimellinen kestoikä L10 (luotettavuus 90 %) miljoonina kierroksina lasketaan yhtälöstä:

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^P$$

, missä C on laakerin dynaamisen kantavuusluku (ilmaisee kuormituksen, joka vastaa 1 miljoonan kierroksen nimelliskestoikää, jonka 90 % laakereista saavuttaa tai ylittää).

P on laakerin ekvivalenttikuormitus

P=3 kuulalaakereille, P=10/3 rullalaakereille

Kun pyörimisnopeus on vakio, lasketaan nimelliskestoikä käyttötunteina yhtälöstä:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60n} \times \left( \frac{C}{P} \right)^P$$

, missä n pyörimisnopeus (r/min) (taulukko 1).

Taulukko 1. Kestoiän ohjearvoja konelajista riippuen. (1, s. 451.)

Konelaji	L10h (käyttötuntia)
Kotitalous- ja maatalouskoneet	300...3000
Lyhytaikaiset tai ajoittain käyvät koneet	3000...8000
Lyhytaikaiset tai ajoittain käyvät koneet, joilta vaaditaan suuri käyttövarmuus	8000...12000
8 h:n käytön koneet, joita ei käytetä täydellä teholla	10000...25000
8 h:n käytön koneet, joita käytetään täydellä teholla	20000...30000
24 h:n jatkuvan käytön koneet	40000...50000
Vesilaitoksen koneet	60000...100000
24 h:n jatkuvan käytön koneet, joilta vaaditaan suuri käyttövarmuus	~100 000

### 3.1.2 Liukulaakerit

Liukulaakerit voidaan jakaa voitelemattomiin, hydrodynaamisiin, hydrostaattisiin ja itsevoiteleviin laakereihin. (2, s. 118.)

### 1. Voitelemattomat laakerit

Materiaalina käytetään yleisesti polyamidia (nailon), polytetrafluorieteenia (PTFE) tai grafiittia. Niiden etuina on edullisuus, keveys ja huollon tarpeettomuus. Voitelemattomat laakerit soveltuvat vain pienille liukunopeuksille ja kuormituksille. Niitä voidaan käyttää esim. seuraavissa tilanteissa:

- on matala tai korkea lämpötila
- tuotteen tai ympäristön saastuttaminen ei ole sallittua
- huollon saatavuus on epävarmaa tai erityisen hankalaa
- keveys ja tilantarve ovat tärkeitä kriteerejä.

### 2. Hydrodynaamiset laakerit

Hydrodynaamiset laakerit toimivat käynnistyksessä ja pysäytyksessä vain osittain voideltuna ja pinnat koskettavat toisiaan. Tästä johtuen kitkakerroin on suurempi kuin nestevoitelualueella.

### 3. Hydrostaattiset laakerit

Hydrostaattiset laakerit voivat toimia alhaisilla liukunopeuksilla, koska liukupinnat erotaan ulkoisen paineen avulla.

### 4. Itsevoitelevat laakerit

Itsevoitelevat laakerit ovat huokoisia metallilaakereita, joissa huokosia on 15-30 % koko tilavuudesta. Ne voidaan täyttää öljyllä, grafiitilla, molybdeenidisulfidilla tai muoveilla.

Tavallista öljyä käyttäessä laakeri ei sovellu yli 70 °C:n lämpötiloihin. Jos käytetään synteettistä öljyä, käyttölämpötila voi olla -60...+150 °C. Molybdeenidisulfidi, grafiitti ja PTFE toimivat kiinteinä voiteluaineina.

Öljyllä kyllästetyt laakerit toimivat siten, että öljykalvo erottaa käynnin aikana pinnat toisistaan. (2, s. 118 – 119.)

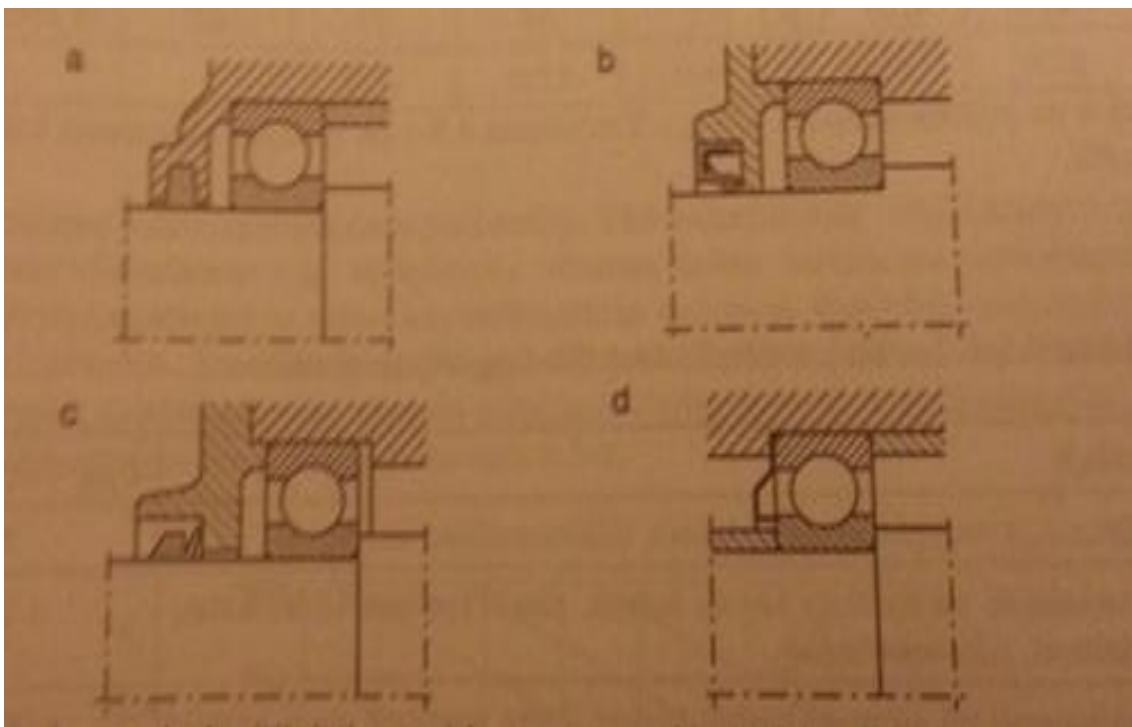
### 3.1.3 Laakeroinnin tiivistys

Laakereiden tiivistämisessä on otettava huomioon, että pöly ja kosteus eivät pääse laakeriin, ja että voiteluaine ei vuoda ulos. Laakereiden tiivistimet voidaan jakaa hankaaviin ja hankaamattomiin tiivistimiin. (2, s. 122.)

#### Hankaavat tiivistimet

Hankaava tiivistin (kuva 8) puristuu tiivistyspintaa vasten. Huopatiivistin (kuva 8) on halpa ja yksinkertainen, sitä käytetään usein rasvavoitelulla. Säteishuulitiivistintä (kuva 8) käytetään, kun tiivistykselle asetetaan korkeat vaatimukset. Sitä käytetään erityisesti öljyllä voideltujen laakerointien tiivistämiseen.

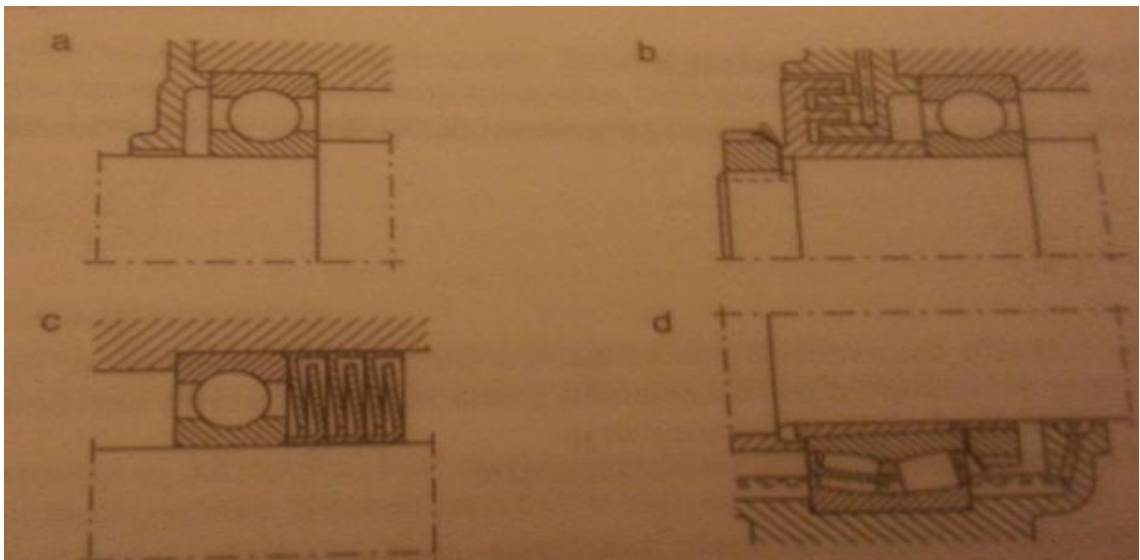
Joustava (kuva 8) tiivistyslevy on edullinen ja yksinkertainen tiivistin, ja sitä käytetään enimmäkseen rasvalla voidelluille urakuulalaakereille. V-rengastiivistintä (kuva 8) voidaan käyttää sekä öljy- että rasvavoitelulla. Siinä on tiivistyshuuli, joka aksiaalisuunnassa tukeutuu tiivistyspintaa vasten. (2, s. 122.)



Kuva 8. Hankaavat laakerintiivistimet. a) huoparengas, b) säteishuulitiivistin, c) V-rengas, d) joustava tiivistyslevy. (2, s. 123.)

## Hankaamattomat tiivistimet

Kuvassa 9 esitetään käytetyimmät hankaamattomat tiivistimet. Ahdas rako on yksinkertaisin muoto tiivistää laakereita, mutta monikertaiset sokkelotiivistimet ovat selvästi parempia tiivistimiä kuin suora ahdas rako. Edullinen ja tehokas sokkelotiivistys saadaan aikaan teräslevyistä puristettujen tiivistyslamellien avulla. Akseleille asennettujen roiskerenkaiden avulla lisätään rakotiivistimien tehoa. Öljyvoitelussa rengas sinkoaa öljyn uraan, josta se valuu takaisin laakeripesään. (2, s. 122.)



Kuva 9. Hankaamattomat tiivistimet. a) ahdas rako, b) sokkelotiivistin, c) tiivistyslamellit, d) öljyvoitelussa roiskerengas sinkoaa öljyn uraan, josta se valuu takaisin laakeripesään. (2, s. 123.)

### 3.1.4 Laakereiden voitelu

Voitelun tehtävänä on kitkan ja kulumisen estäminen sekä suojaaminen korroosiolta ja ulkoa tulevilta hankaavilta hiukkasilta. Vierintälaakerit voidellaan useimmiten rasvalla. Laakeripesä täytetään vain osittain, sillä se estää lämpötilan kohoamisen suurilla pyörimisnopeuksilla. (2, s. 123.)

Pyörimisnopeuden ollessa liian suuri tai käyttölämpötilan ollessa liian korkea käytetään öljyvoitelua. Pienille pyörimisnopeuksille soveltuu öljykylpy. Kiertovoitelussa johdetaan öljy suoraan laakeriin putken avulla. Öljysumuvoitelussa öljy ruiskutetaan laakeriin hienojakoisena ilmvirran mukana. (2, s. 123.)

## 3.2 Akselit

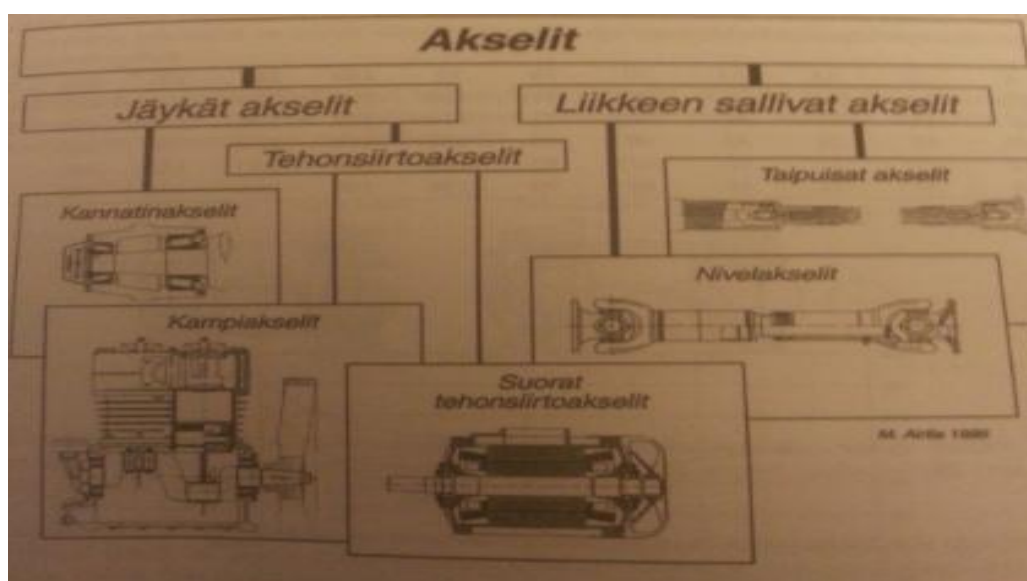
Koneiden päätoiminnot toteutetaan osilla, jotka on suoraan tai välillisesti liitetty pyörivään akseliin. Akselin tehtävänä on kannattaa pyöriviä tai heiluvia koneenosia, sekä välittää niiden kiinnittyminen laakereihin ja runkoon ja siirtää vääntömomenttia. (1, s. 319.)

### 3.2.1 Akselityypit

Jäykät akselit kykenevät ohjaamaan niihin liittyvien osien liikettä suhteessa laakereihin, sillä sen muodonmuutokset ovat selvästi pienempiä kuin liittyvien osien liikemahdollisuudet. Kannatinakseli ottaa vastaan ja siirtää laakereille ulkoisen kuormituksen, joka aiheuttaa itse akseliin pääasiassa taivutusta. Kannatinakseli ei siirrä tehoa. (1, s. 319.)

Tehonsiirtoakseli siirtää liikkeen ohjauksen lisäksi tehoa pyörimisliikkeen ja kiinnitysosien kehävoiman tuottaman vääntömomentin ansiosta. Rakenteeltaan se on joko suora- tai kampiakseli. (1, s. 319.)

Liikkeen salliva akseli voi olla teräslangasta punottu suojaputkeen asennettu taipuisa akseli tai jäykistä osista koottu nivelakseli. (1, s. 319.)



Kuva 10. Akselityypit. (1, s. 319.)



### 3.2.2 Akselien mitoittaminen

Akselin halkaisijoiden mitoittamisen voi toteuttaa joillakin seuraavista tavoista:

1. Akseliin liitettävät osat määräävät sovitehalkaisijat, esim. laakerit.
2. Akselin muodonmuutos määrää sovitehalkaisijan eli muodonmuutoksille (vääntymä, taipuma, kallistuskulma) asetetaan rajoituksia.
3. Varmuusluvulle myöntämisen tai väsymysmurtuman suhteen asetetaan rajoituksia, missä pitää ottaa huomioon lovien muotoilu ja kriittisten kohtien pinnan viimeistely. (1, s. 320 – 321 ; 2, s. 92.)

### 3.2.3 Materiaalin valinta

Mikäli akselin materiaalin suhteen ei ole erityisvaatimuksia, valitaan materiaaliksi rakenneteräs S355, joka on tasalaatuinen, edullinen, luja ja helposti työstettävä materiaali. Vaatimattomiin akseleihin voidaan käyttää kylmävedettyä koneterästä E295, koska sen pinta on luja ja mittatarkka.

Kampiakseleissa, ura-akseleissa, hammaspyöräakseleissa ja muissa laippa- tai uraliitoksiin varustetuissa akseleissa nuorrutusteräksen ominaisuuden pääsevät oikeuksiinsa. Nuorrutusteräokset ovat sitkeitä ja lujia seostamattomia tai niukasti seostettuja teräksiä, joiden hiilipitoisuus on 0,25...0,6 %. Seostamattomat tai niukasti seostetut hiiliteräokset sisältävät 0,1...0,25 % hiiltä. Niitä voidaan käyttää akseleihin, joiden vaatimuksena on kova kolhuja ja hankausta kestävä pinta.

Jos akselien käyttötarkoitus vaatii, niitä voidaan valmistaa myös ruostumattomista ja haponkestävistä teräksistä sekä pallografiittirautoista. (1, s. 323.)

### 3.2.4 Muotoilu ja pinnan käsittely

Epäjatkuvuuskohtien (olakkeet, kiilaurat, pidätinrenkaiden urat, hitsattavat laipat) muotoilu ja sijoittaminen vaarattomiin kohtiin ovat tehokkaita tapoja pitää suurimmat akseliin aiheutuvat jännitysheilahdukset siedettävänä.

Taivutus ja vääntömomentin aiheuttama jännitys on suurimmillaan akselin pinnassa, jolla siten on ratkaiseva merkitys väsymislujuuden kannalta. Hiomalla vähennetään pinnan säröjä kriittisissä kohdissa kuten olakkeiden pyöristyksissä ja porausten reunoissa. Akseli voidaan myös pintakäsitellä hankausta kestäväksi.

Paras puristusjännitys pintaan syntyy pintakarkaisulla, hiiletyskarkaisulla, nitrauksella, kuulapuhalluksella ja rullauksella. Nitrauksen on todettu lisäävään väsymislujuutta parhaimmillaan 2...3-kertaiseksi ohuilla akseleilla. Yleensä akselin hionta ja pintakäsittely rajataan lujuuden kannalta tärkeimpiin kohtiin, koska näin toimimalla vähennetään kustannuksia. (1, s. 323 – 325.)

### 3.3 Voimanlähteet

#### 3.3.1 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on kestävä, yksinkertainen ja sillä on vähäinen huollon tarve. Kaksi laakeria tiivistimiseen ovat ainoat huollettavat komponentit. Oikosulkumoottori on saavuttanut hallitsevan aseman teollisuuden käyttövoiman lähteenä johtuen sen ominaisuuksista. (2, s. 65.)

#### 3.3.2 Tasavirtamoottori

Tasavirtamoottori toimii tasasähköllä ja sitä on tyypillisesti käytetty sovelluskohteisiin, joissa ei ole vaihtosähköä tarjolla. Sillä on laaja pyörimisnopeuden säätöalue ja vääntömomentin säätömahdollisuus. Sen käyttöominaisuuden riippuvat ratkaisevasti moottorin magnetointitavasta. (2, s. 66.)

#### 3.3.3 Synkronimoottori

Synkroni- eli tahtimoottoria käytetään silloin, kun halutaan saada suuri tehontarve. Sillä on hyvä hyötysuhde ja vakio pyörimisnopeus. (2, s. 67.)

### 3.4 Voimansiirtolaitteet

#### 3.4.1 Kierukkavaihteet

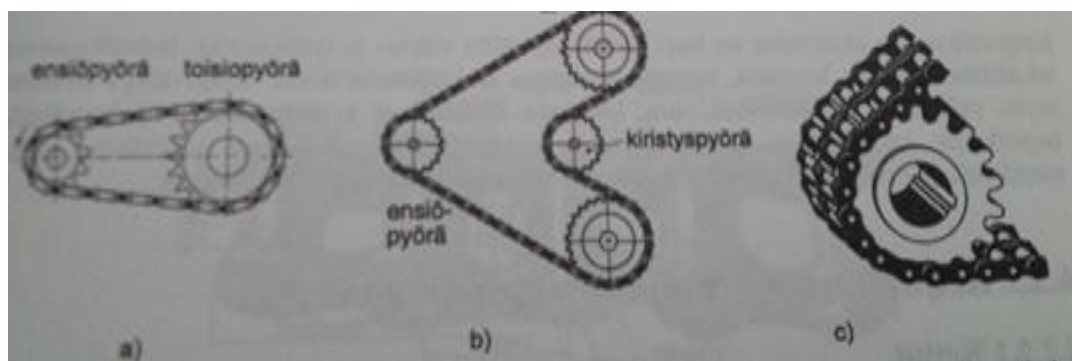
Kierukkavaihteiden hyötysuhde on 90 %:n molemmin puolin välityssuhteesta riippuen. Ne sopivat hyvin koneisiin, joiden kuormitus on epätasainen ja iskumainen. Kun keskimääräinen kuorma on vähäinen, hyötysuhteella ei ole merkitystä. (2, s. 73.)

#### 3.4.2 Hammasvaihteet

Hammasvaihteilla on erinomainen luotettavuus ja hyvä hyötysuhde, ne soveltuvat käyttötarkoituksiin, joissa laitteen käyttövarmuuden pitää olla erittäin korkea. Kiertovoitelun avulla vaihteet saadaan lähes huoltovapaiksi pitkiksi ajoiksi jatkuvassa käytössä. (2, s. 72.)

### 3.5 Ketjuvälitykset

Ketjuvälitys (kuva 11) on ketjupyörien ja ketjun yhdessä muodostama välitys, jossa voi olla myös useita ketjupyöriä ja ketjuja rinnakkain. Ketjuvälitys voi yhdistää kahta tai useampaa akselia, ja sille on ominaista, että ensio- ja toisioakselit ovat yhdensuuntaiset ja yhdessä vaakatasossa. (1, s. 569.)



Kuva 11. Erilaisia ketjuvälityksiä. a) vaakasuora avovälitys, b) moniakselivälitys, c) kaksirivinen ketjuvälitys. (1, s. 569.)

### 3.5.1 Ominaisuudet

Ketjuvälityksen hyvät ominaisuudet: (1, s. 568 – 569.)

- pitkien akselinvälien mahdollisuus, mutta siihen tarvitaan tuenta
- erinomainen hyötysuhde, jopa 99 % hammasketjuilla hitailla nopeuksilla
- toimintavarmuus huonoissa olosuhteissa
- luistoa ei synny, vaikka välitys on jonkin verran elastinen
- ei vaadita esikiristystä, joten välitystään ylimääräisiltä laakeri- ja akselikuormituksilta
- yksinkertainen ja edullinen toteuttaa
- standardiosat

Ketjuvälityksen heikkoudet:

- välityssuhteen vaihtelu
- soveltaminen vain yhdensuuntaisille akseleille
- välyksiä ei voida täysin poistaa, lisääntyvät kulumiset myötä
- voitelun tarve
- aiheutuva melu
- ketjun venyminen ja osien kulumisen rajoittaa käyttöikää

### 3.5.2 Ketjut

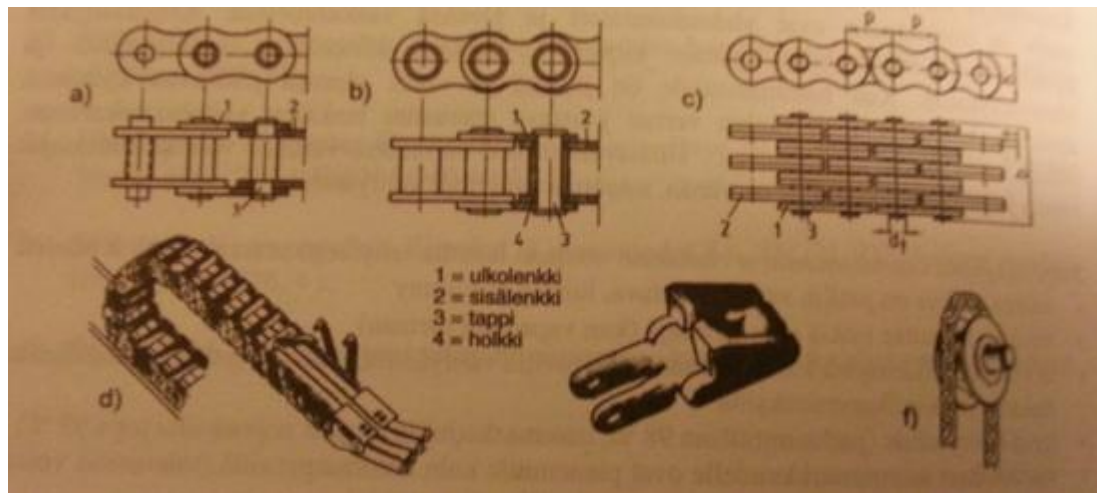
Ketjujen rakenne ja niiden ominaisuudet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan.

#### Tappiketju

Tappiketju (kuva 12) on yksinkertaisin ja edullisin ketjutyyppejä. Se saadaan aikaan kun ketjun sivulevyt laakeroidaan tapin päihin. Ketju kuluu nopeasti, koska sen laakeripinta jää pieneksi. Lisäksi se soveltuu vain pienille ketjun nopeuksille ( $<0,5$  m/s). Tappiketjusta saadaan holkkiketju (kuva 12) lisäämällä tapin ympärille holkki, johon sisälenkkien sivulevyt kiinnitetään. Niitä käytetään lähinnä nostolaitteisiin (tappiketju) ja voimasiirtoon (holkkiketju). Niiden tarve on vähentynyt parempien ratkaisuiden tullessa markkinoille. (1, s. 570 – 571.)

## Levykimppuketju

Levykimppuketjua (kuva 12) käytetään nostoketjuina mm. trukeissa. Kuljetinketju (kuva 12) voi olla periaatteeltaan rulla- tai holkkiketju, jonka rakenne on muokattu käyttötarkoituksen mukaisesti. Niitä käytetään mm. saha- ja elintarviketeollisuudessa sekä maataloudessa. Energiansiirtoketjua (kuva 12) käytetään liikkuvien koneen osien välillä kulkevien kaapeleiden ja letkujen tukemiseen mm. työstökoneissa. (1, s. 570.)



Kuva 12. Erilaisia ketjutyyppejä. a) tappi -, b) holkki -, c) levykimppu -, d) energiansiirto -, e) kuljetin -ja f) nostokoneen lenkkiketju. (1, s. 570.)

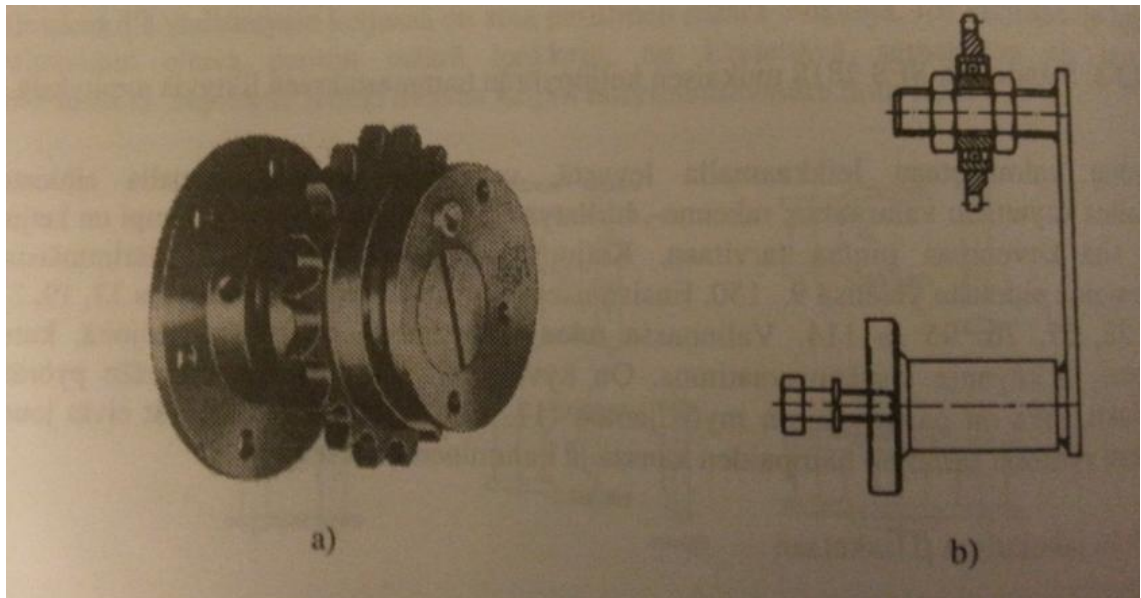
## Rullaketju

Rullaketju on eniten käytetty ketjutyyppi, jonka hyötysuhde on parhaimmillaan 98 %. Tavallisesti ketjunopeus on 7...12 m/s, mutta tietyissä tapauksissa se voi olla huomattavasti suurempi. Rullaketjut on standardisoitu (esim. SFS 2392, 3806, 3877 ja 3878). Niitä on saatavana eurooppalaisen ja amerikkalaisen normin mukaisena sekä pitkäja-koisena. Rullaketjun voitelu käyttää hyväkseen kapillaari-ilmiötä, jossa voiteluaine tunkeutuu ketjun väleihin muodostaen voitelukalvon, joka vähentää syntyvää melua. (1, s. 571.)

### 3.5.3 Kiristinpyörä

Kiristinpyörää (kuva 13) tarvitaan, kun ketjupyörien akseliväliä ei voida säätää, ketjupyörien keskinäinen asento on epäedullinen tai tarvitaan moniakselivälityksiä. Kiristinpyörän avulla voidaan kompensoida ketjun kulumista, sekä kontrolloida lämpötilan-

vaihtelusta johtuvan ketjun pituuden muutosta. Kiristyspyörä voidaan asentaa paikalleen epäkeskon avulla. Siihen voidaan käyttää myös jousikuormitettuja kiinnityselementtejä, jotka säätyvät automaattisesti. Kiristinpyöriä voidaan säätää myös hydraulisesti sekä kiristyselementteinä voidaan käyttää rullia tai painimia. (1, s. 574 – 575.)



Kuva 13. Valmiita kiristyselementtejä: epäkeskomoduuli, jolla voidaan manuaalisesti asettaa kiristyspyörän pyörintäakselin sijanti (a) ja kumijousella toteutettu (b). (1, s. 574.)

#### 3.5.4 Välityksen toiminta

Ketjuvälitykselle sopiva välityssuhdealue on  $i=1...5$ , ja hitailla nopeuksilla se voi nousta yli 10. Yleensä hyötysuhde on hyvä, mutta yksittäisen sovelluksen tarkka hyötysuhde riippuu useista tekijöistä.

Ketjulle sallittu maksiminopeus riippuu suuresti ketjutyypistä. Rulla- ja hammasketjujen nopeus voi olla maksimissaan noin 30 m/s, jota pidetään yleensä rajana sirpalevaaran takia. Erikoistapauksissa voidaan soveltaa huomattavasti korkeampia ketjunopeuksia, esim. kilpa-auton moottoreissa. Ketjunopeutta rajoittavat mm. voitelutapa sekä pienemmän pyörän hammasluku.

### 3.6 Materiaalit

#### 3.6.1 Teräkset

Teräkset sisältävät rautaa enemmän kuin mitään muuta yksittäistä alkuainetta. Yleensä teräksen hiilipitoisuus on alle 2 %. Teräslajit voidaan luokitella kemiallisen koostumuksen mukaan seostamattomiin ja seosteräksiin sekä ominaisuuksien ja käyttötarkoituksen mukaan pääluokkiin. (1, s. 110.)

##### Yleiset rakenneteräkset

Yleiset rakenneteräkset ovat seostamattomia tai niukkaseosteisia laatuteräksiä, joiden yleisimmät käyttökohteet ovat sillat, rakennusten rungot ja koneiden osat. Yleisiä rakennusteräksiä voidaan käyttää hitsattuihin ja hitsaamattomiin rakenteisiin. (1, s. 111 – 112.)

##### Nuorrutusteräkset

Nuorrutus on lämpökäsittely, jossa teräs karkaistaan ja sen jälkeen käsitellään lämpötila-alueella 500...700 °C. Nuorruttamalla saavutetaan erinomainen lujuuden, sitkeyden ja väsymislujuuden yhdistelmä. Nuorrutusterästen tyypillisimpiä käyttökohteita ovat akselit, kiertokangat, hammaspyörät, hammasakselit, ruuvit ja mutterit. (1, s. 113.)

##### Hiiletysteräkset

Koneenosiin, joilta vaaditaan kulumis- ja väsymiskestävyyttä sekä sitkeyttä, voidaan soveltaa hiiletyskarkaisua. Hiiletyskarkaistuilla osilla on käyttötarkoituksesta riippuva pinnan kovuus välillä 58...64 HRV. Lisäksi niillä on erikoisen hyvä pinnan kulumis- ja väsymiskestävyys, ja taivutuslujuus on suurempi kuin nuorrutetuilla teräksillä. Tyypillisiä hiiletyskarkaistuja koneenosia ovat hammaspyörät, akselit, liukulaakeritapit, työkalut, kiinnittimet ja kulutusosat. (1, s. 114.)

## Ruostumattomat teräkset

Ruostumattomilla teräksillä saavutetaan tietyn tasoinen korroosionkestävyys. Niiden valinnassa tulee ottaa huomioon valmistus- ja lujuusominaisuudet sekä niiden saataavuus ja markkinahinta. Eniten käytetty ruostumattomien terästen ryhmä ovat austeniittiset teräkset. Nekestävät hyvin korroosiota ja ovat sitkeitä matalissa lämpötiloissa ja lujia korkeissa lämpötiloissa. Ne ovat huonosti lastuttavia, mutta hyvin muokattavia ja hitsattavia.

Tyypillisesti ruostumattomia teräksiä käytetään teollisuuden eri tarkoituksiin sekä koneiden valmistuksessa. Yleisimpiä käyttökohteita ovat putket, säiliöt, venttiilit, koneet, laitteet ja kuljetussäiliöt. (1, s. 115 – 116.)

### 3.6.2 Alumiinit

Alumiiniseosten käyttö perustuu materiaalien keveyteen, hyvään korroosionkestävyyteen, sähkön- ja lämmönjohtavuuteen sekä erikoisseosten lujuuteen. Alumiinin hyvät korroosio-ominaisuudet perustuvat sen pinnalle hapettavissa oloissa muodostuvaan oksidikalvoon, joka on tiivis, pysyy hyvin kiinni ja lisäksi kalvo uusiutuu.

Alumiinin suurimpia käyttäjiä ovat sähkötarvike-, pakkaus- ja rakennusteollisuus. (1, s. 119 ; 3, s. 164.)

### 3.6.3 Materiaalin valinta

Materiaalin valinta on osa tuotteen suunnitteluprosessia. Suunnittelun tavoitteena on, että tuote toteuttaa siltä vaaditut toiminnot suunnitellun käyttöiän aikana ja halutussa käyttöympäristössä mahdollisimman tehokkaasti, turvallisesti ja taloudellisesti. Materiaalin valinnan lähtökohtana on, että materiaalien käyttö ja käyttöolosuhteet asettavat materiaalien ominaisuuksille erilaisia vaatimuksia. Jos vaatimukset ja materiaalien ominaisuudet eivät kohtaa toisiaan, voi seurauksena olla materiaalivaurio. (3, s. 348 – 349.)



## 4 Suunnittelu

Suunnittelu osuudessa esitetään yksi ratkaisu siihen, miten laitteen toiminta voidaan toteuttaa tietyllä raja-arvoilla.

### 4.1 Suunnittelun lähtökohdat

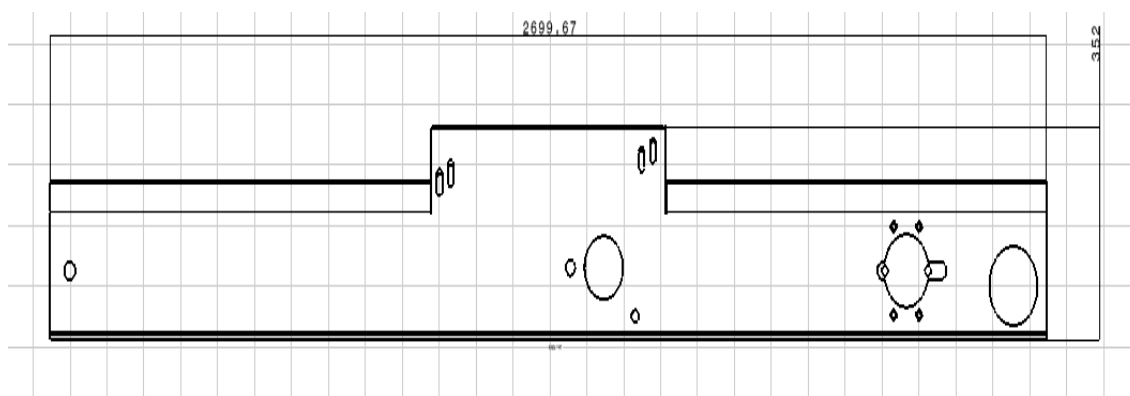
- toimilaitteiden lukumäärä tulisi olla mahdollisimman pieni
- laitteen pitäisi olla vesitiivis sekä vedenpoiston järjestelmästä hallittu
- tölkin rikkomisen tulisi olla toistettava
- materiaalien pitäisi olla korroosiokestäviä
- laitteen tulisi olla turvallista käyttää, helppo ylläpidettävä ja yksinkertainen huoltaa

### 4.2 Runko

Laitteen runko (kuva 14) muodostuu kahdesta 2 mm:n paksuisesta runkopalasta, jotka hitsataan yhteen. Runko voidaan valmistaa ruostumattomasta teräksestä tai teräksestä, joka on pinnoitettu korroosiota kestäväksi. Pinnoitus tarvitaan vain sille osalle, joka altistuu vedelle.

Runkopalat leikataan tasaisesta levystä, minkä jälkeen ne taivutetaan oikeaan muotoon. Laserleikkauksella saavutetaan riittävä mittatarkkuus, jolloin erillistä koneistusta ei tarvita.

Rungon toiseen päähän leikataan halkaisijaltaan 130 mm reikä, joka peitetään kumitulpalla. Reiän tarkoitus on tölkkisilpun sekä mahdollisten roskien tyhjentämisen helpottaminen. Reikä peitetään kumitulpalla. Veden poistoa varten rungon alempaan päähän kiinnitetään liitin, jonka avulla vesi voidaan johtaa pois järjestelmästä.



Kuva 14. Runko

### 4.3 Välitystapa

Laitteen toiminta voidaan toteuttaa joko hihna- tai ketjuvälityksellä. Ketjuvälitykseen päädyttiin, koska se sopii paremmin tähän käyttökohteeseen.

Ketjun kuluessa siihen voidaan vaihtaa yksittäisiä ketjupaloja, jolloin sen huoltaminen ja kunnossapito on yksinkertaista. Se on helppo ja edullinen toteuttaa, lisäksi sen toimintavarmuus sekä hyötysuhde ovat erinomaiset. Ketjun osat ovat standardisoituja, jolloin niiden saatavuus ja yhteensopivuus on taattu.

#### 4.3.1 Ketju

Ketjuksi valittiin kolmirivinen rullaketju (Din-8187-1, 12 B-3), josta poistettiin keskimäinen ketju, ja uloimmat ketjut liitettiin liitoslenkillä yhteen. Ketjun voitelu toteutetaan manuaalisesti. (4.)

#### 4.3.2 Ketjupyörät

Ketjupyörät ovat standardiosia, ja ne valitaan ketjun standardin mukaan, tässä tapauksessa rullaketjulle (Din-8187-1, 12 B-3) on olemassa saman standardinen ketjupyörä. (4.)

Kolmirivisestä ketjupyörästä koneistetaan keskimmäinen ketjupyörä pois, jolloin se toimii kaksirivisenä ketjupyöränä. Ketjupyörät kiinnitetään akseliin bonfix- kiinnitysholkin avulla. (5.)

#### 4.3.3 Ketjun mitoittaminen

Ketjupyörillä on yhtä suuret hammasluvut, joten ketjun pituuden X voidaan laskea kaavasta:

$$X = \frac{2 \times a}{p+z}$$

X on ketjun pituus lenkkeinä

a on akseliväli(mm)

p on jako(mm)

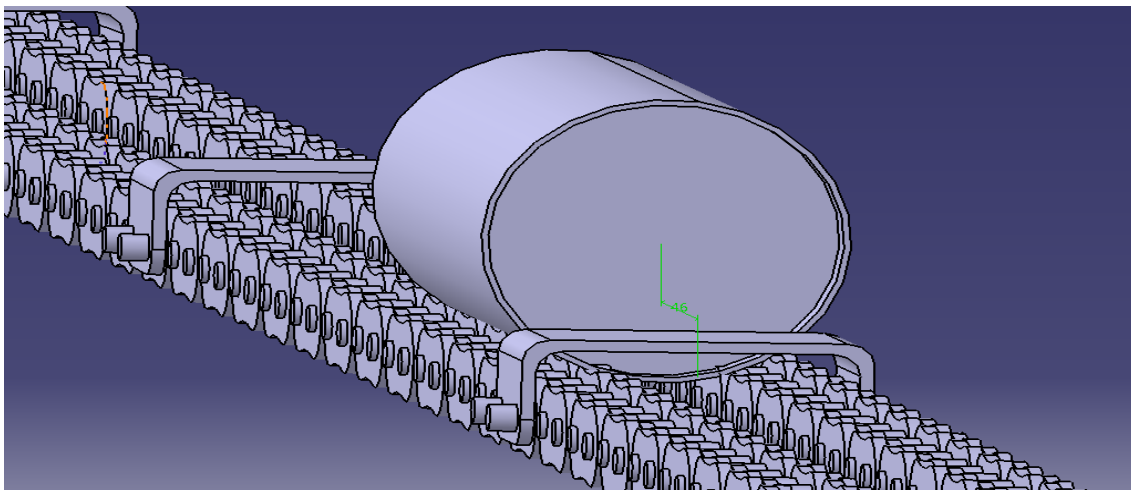
z on pyörän hammasluku

$$X = \frac{2 \times 2262,62 \text{ mm}}{19,05 \text{ mm} + 17} = 254,545 \sim 255 \text{ lenkkiä}$$

#### 4.3.4 Liitoslenkki

Ketjuihin on saatavilla erilaisia liitoslenkkejä, joiden tehtävä määrittyy ketjun käyttötarkoituksen mukaan. Ketjuun suunniteltiin u-mallinen liitoslenkki, jonka tarkoituksena on liikuttaa ketjun päällä makaavaa tölkkiä ( kuvassa 16).

Liitoslenkki kiinnitetään molempien ketjujen uloimpiin osiin, ja niiden sijoittelussa on otettava huomioon tasainen asema toisiinsa nähden.

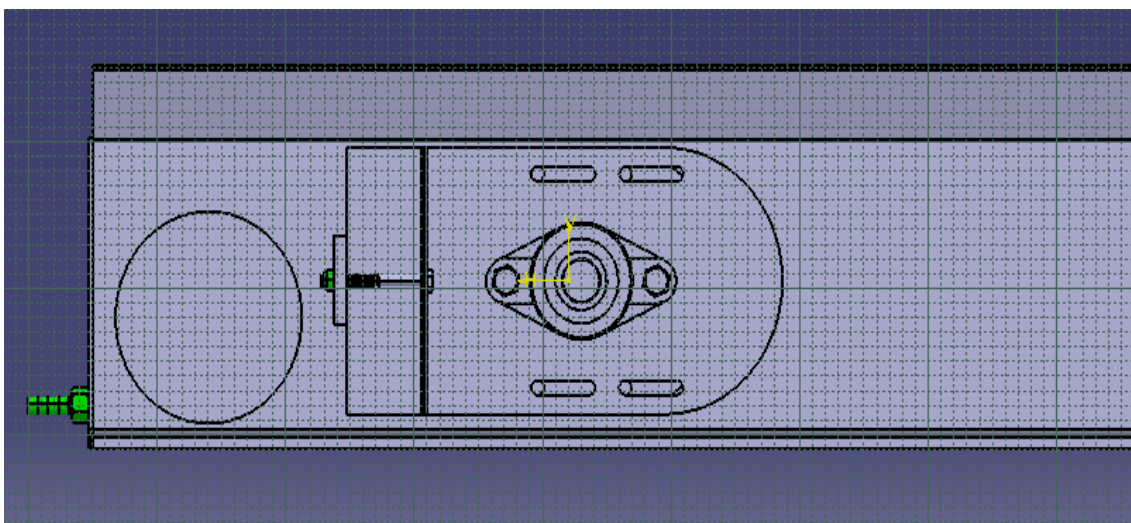


Kuva 16. Liitoslenkki

#### 4.3.5 Ketjun kiristäminen

Ketjun kuluessa siinä tapahtuu venymistä, jolloin sitä pitää kiristää. Kiristys voidaan toteuttaa erilaisilla ketjun kiristimillä. Markkinoilla on saatavilla erilaisia automaattisia ketjunkiristimiä, mutta ne eivät sovellu tähän käyttötarkoitukseen rajoitetun tilan ja liitoslenkin peittämisen ketjun vuoksi.

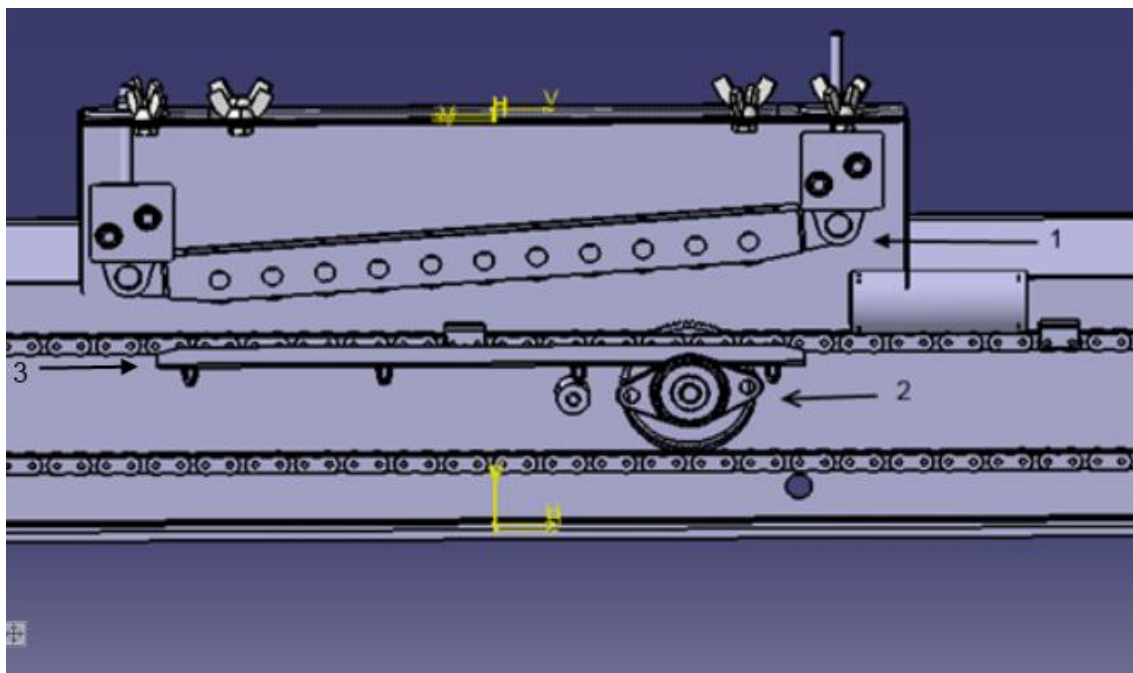
Ketjun kiristäminen suunniteltiin siten, että alemmaa ketjupyörä kokoonpanoa on mahdollista säätää 40 mm. Ruuvia kiristämällä ketjupyörä kokoonpano liikkuu haluttuun suuntaan, mistä seuraa ketjun kiristyminen. Tasaisin väliajoin säädön kiristäminen pitää ketjun halutussa kireydessä (kuva 17).



Kuva 17. Ketjunkiristin

#### 4.4 Puristusmekanismi

Laitteen tarkoitus on puristaa tölkki pienempään kokoon. Tätä varten suunniteltiin puristusmekanismi, joka suorittaa tölkin puristamisen. Sen kokoonpano jaetaan kolmeen osaan: puristimeen, tukeen ja leikkuriin (kuva 18).



Kuva 18. Puristusmekanismi (1. Puristaja, 2. Leikkuri, 3. Tuki)

##### 4.4.1 Puristin

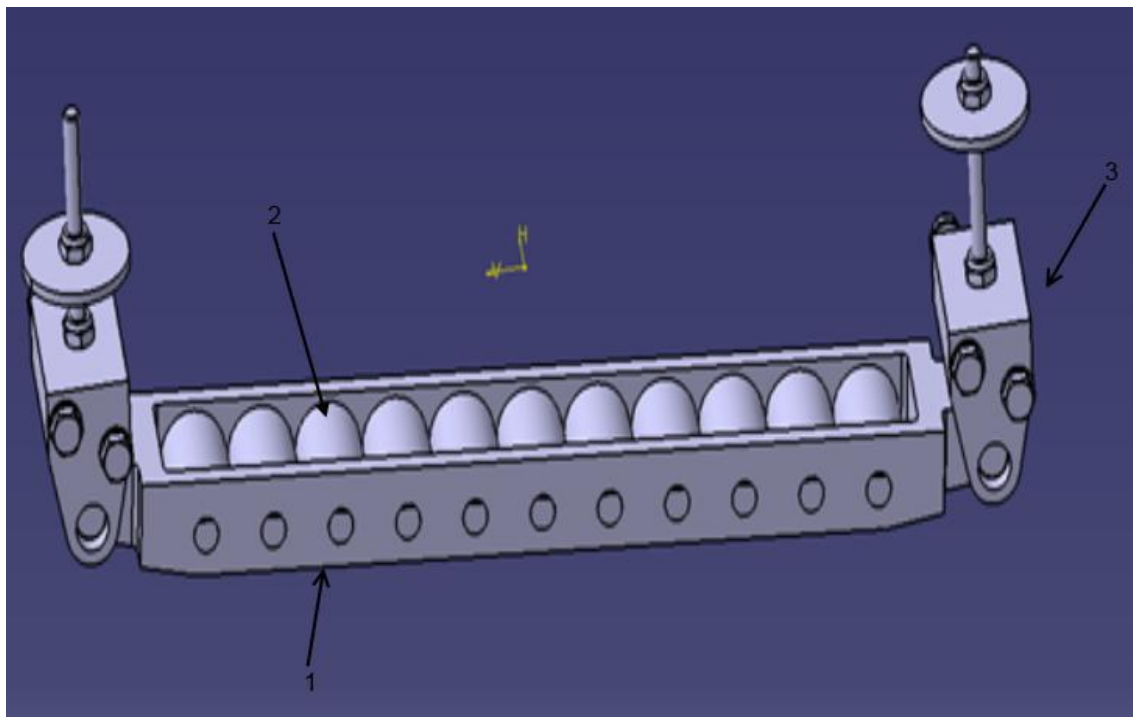
Puristimen tarkoituksena on pakottaa tölkki pienempään tilaan, minkä seurauksena se puristuu.

##### 4.4.2 Puristimen rakenne

Puristimen rakenne voidaan jakaa kolmeen osaan: runkoon, rulliin ja kiinnitysosaan (kuva 19).

Kiinnitysosan avulla voidaan puristimen asentoa muuttaa. Puristimen alapää pitää säätää siten, ettei se ota kiinni ketjun päällä kulkeviin liitoslenkkeihin ja toisaalta siten, että puristunut tölkki mahtuu sen ali.

Rullat ovat akseloituja runkoon ja niiden halkaisija 40mm. Ne ovat 1mm:n päässä toisistaan, jolloin mahdollista tölkkisilppua ei pääse niiden väliin tekemään tukoksia. Puristin on toteutettu rullien avulla, sillä ne vähentävät kitkaa ja näin mahdollistavat tölkin liikkumisen mekanismeissa.

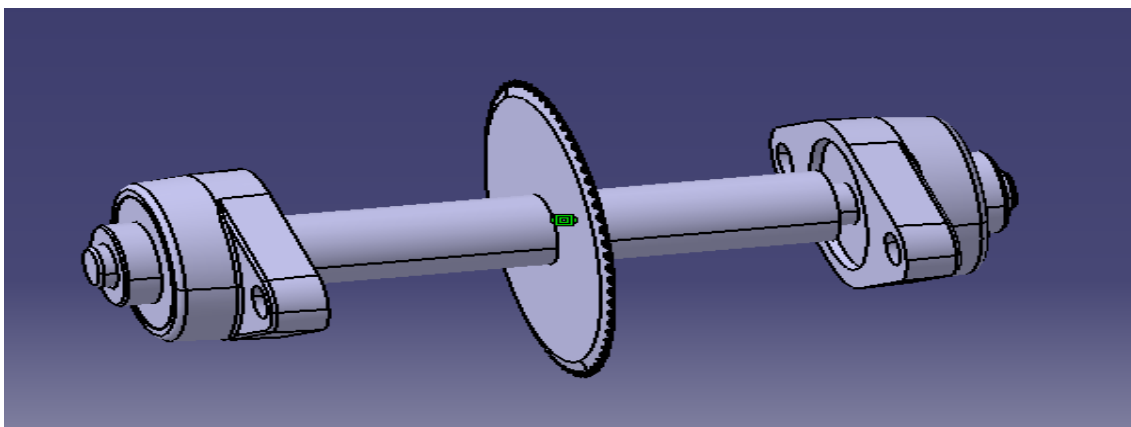


Kuva 19. Puristin (1.Runko,2.Rullat,3. Kiinnitysosa)

#### 4.4.3 Leikkuri

Leikkurin (kuvassa 20) tarkoituksena on leikata tölkkiin reikä, jolloin sen sisäinen jännitys laskee. Sen seurauksena tölkki puristuu helpommin.

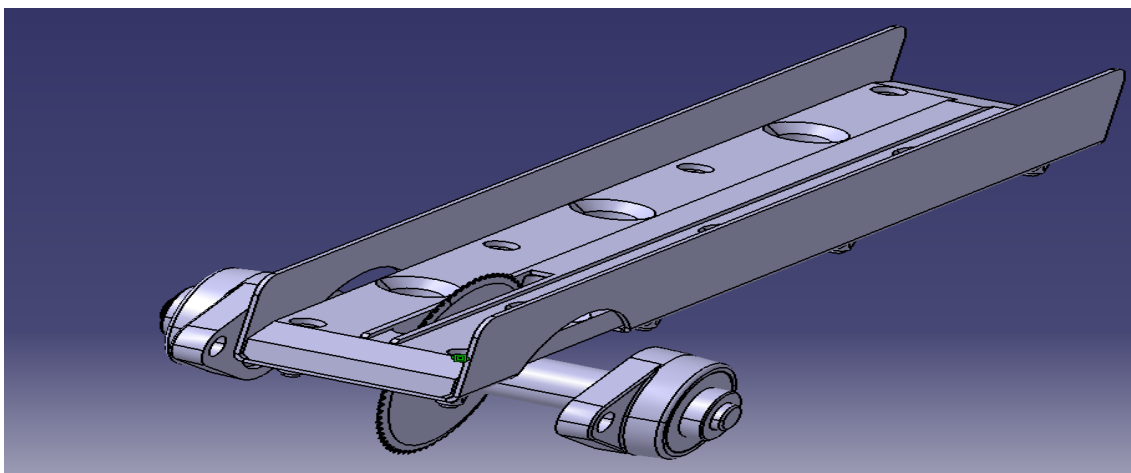
Terä on ohut, 3 mm:n levyinen, ja se on kiinnitetty akseliin, joka pyörittää sitä. Akselin laakeroinnissa käytetään laippalaakeria, koska rungon paksuus 2 mm ei mahdollista laakerin kiinnitystä siihen. Laakerointi mahdollistaa terän pyörimisen ilman erillistä voimanlähdettä. Terän asemoinnissa on otettava huomioon, ettei se ota kiinni liitoslenkin pohjaan.



Kuva 20. Leikkuri kokoonpano

#### 4.4.4 Tuki

Puristuksen vaikutuksesta ketju taipuu alaspäin, jolloin sitä pitää tukea. Tätä tarkoitusta varten suunniteltiin tuki, joka estää ketjun taipumisen. Tukeen rakennettiin ohjuri, joka estää ketjun koskettamisen leikkurin terää. Tuki hitsataan kiinteästi runkoon, jolloin se vahvistaa sen rakennetta (kuva 21).

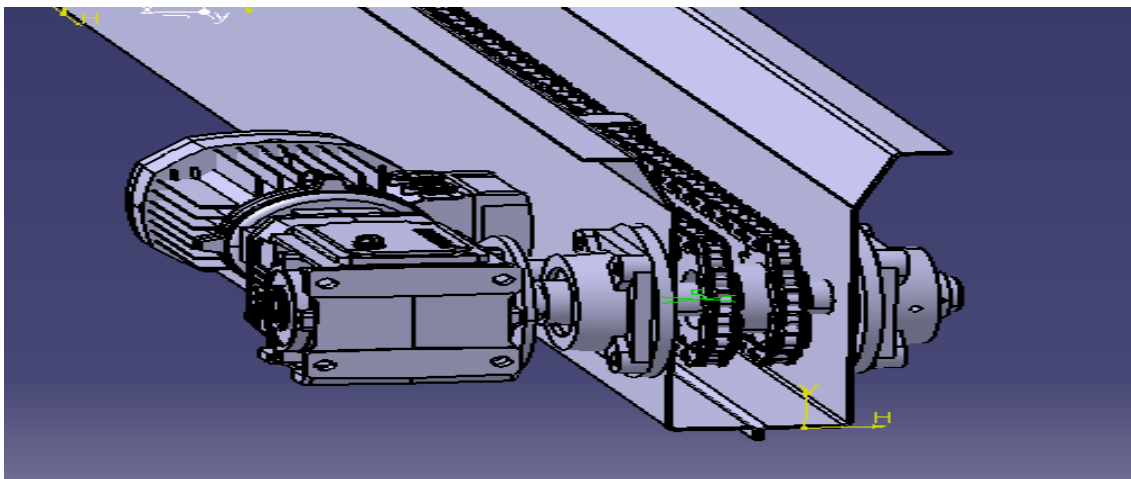


Kuva 21. Tuki

#### 4.5 Voimansiirto

Toimiva voimansiirto mahdollistaa laitteen toiminnan. Voimansiirto toteutetaan vaihteiston ja moottorin avulla ja niiden aiheuttama voima välitetään akseliin liitettyjen ketjupyörien kautta ketjuun.

Laitteella on epätasainen kuormitus, ja sen kuorma on vähäinen, joten kierukkavaihdemoottori on paras vaihtoehto tähän sovellukseen. Sen rakenne koostuu oikosulkumoottorista ja sen perässä olevasta kierukkavaihteistosta. Se on pienikokoinen, kevyt ja edullinen komponentti (kuva 22).



Kuva 22. Kierukkavaihdemoottori kiinnitettynä laitteen runkoon

## 5 Yhteenveto ja pohdinta

Työn tavoitteena oli suunnitella tölkkien puristamiseen tarkoitettu mekaaninen laite, joka suunniteltiin jo käytössä olevan laitteen pohjalta. Alussa käytiin läpi suunnittelun perusperiaatteita ja niiden soveltamista.

Laitteesta saatiin suunniteltua yksi malli, jonka toimintaa ei käytännössä testattu. Suunnitelmat toimivat teoriassa, mutta käytännön testaaminen ei onnistunut, koska laitteesta ei rakennettu konkreettista mallia.

Projektin aikana saatiin paljon parantamisideota, mutta niitä kaikkia ei työhön valittu. Tämä työ antaa tarvittavat tiedot ja työkalut mahdollista jatkojalostamista varten.

Laajuudeltaan työ oli melko iso, joten siitä piti rajata keskeisemmät elementit esille. Vaativuudeltaan työ vastasi insinööritasoa ja se antoi hyvän kuvan siitä tasosta, jota työelämässä voi odottaa. Työn suorittaminen antoi hyvät lähtötaidot suunnittelu osaamisen kehittämistä varten.



## 6 Lähteet

- 1 Airila Mauri, Ekman Kalevi, Hautala Pekka. 2010. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: Sanoma Pro
- 2 Kivioja Seppo. 1997. Konetekniikka. Helsinki: Otatieto Oy
- 3 Koivisto Kaarlo, Laitinen Esko, Niinimäki Matti. 2010. Helsinki: Edita
- 4 SKS GROUP, 2013, verkkodokumentti  
[http://www.sks.fi/www/sivut/B3A8595A4C2C6E08C2257B6A003D5A2C/\\$FILE/Wippermann%20vakio%20ja%20erikoisketjut%20ja%20tarvikkeet.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/B3A8595A4C2C6E08C2257B6A003D5A2C/$FILE/Wippermann%20vakio%20ja%20erikoisketjut%20ja%20tarvikkeet.pdf). Luettu 1.12.2013
- 5 SKS GROUP, verkkodokumentti,  
[http://www.sks.fi/www/sivut/25D198BB55F42254C2257AFC002202EC/\\$FILE/Bonfixkii nnitysholkit731562.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/25D198BB55F42254C2257AFC002202EC/$FILE/Bonfixkii nnitysholkit731562.pdf). Luettu 1.12.2013